

A Modified Pretreatment with Deproteinization for Resin Infiltration in Early Childhood Caries

Siyeon Nam, Jonghyun Shin, Taesung Jeong, Shin Kim, Jiyeon Kim

Department of Pediatric Dentistry, College of Dentistry, Pusan National University

Abstract

This study aimed to evaluate surface morphology and resin tag penetration of resin infiltration into primary anterior teeth after enamel deproteinization with sodium hypochlorite (NaOCl) prior to phosphoric acid (H₃PO₄) etching.

Ninety primary anterior teeth with non-cavitated caries lesion were divided into five groups according to enamel pretreatment as follows, group I -15% hydrochloric acid (HCl) 2min.; group II -5.25% NaOCl 1min., 35% H₃PO₄ 1min.; group III -5.25% NaOCl 2min., 35% H₃PO₄ 1min.; group IV -5.25% NaOCl 1min., 35% H₃PO₄ 2min.; group V -5.25% NaOCl 2min., 35% H₃PO₄ 2min. Fifteen teeth were examined etched surface structure using field emission-scanning electron microscope. Seventy five teeth were infiltrated with resin, maximum penetration depth and percentage penetration were analysed using dual fluorescence confocal microscopy.

As the application time of NaOCl increased, ratio of enamel type I, II were increased. Percentage penetration (PP) was higher in group V than group II, III ($p < 0.05$). PP of group IV, V did not show any differences.

Non-cavitated caries of primary anterior teeth can be treated with resin infiltration. Enamel deproteinization with NaOCl prior to 35% H₃PO₄ etching could be an alternative of 15% HCl etching in resin infiltration.

Key words : Resin infiltration, Deproteinization, Early childhood caries

I. 서 론

6세 미만의 유아에서 현재 우식이 존재하거나, 이미 우식에 의해 상실된 치면이 1개 이상 존재하는 경우를 유아기우식증 (early childhood caries, ECC) 이라 한다[1]. 최근 ECC로 인해 개인 및 사회 경제적 부담이 증가함에 따라 조기에 ECC를 예방하고 관리하는 방안에 대한 논의가 활발해 지고 있다[2]. ECC의 관리 방법으로는 여러 가지 방법이 있는데, 치아 삭제제를 통한 우식 제거 방법은 신속한 치료가 가능하지만 불필요한 구조물의 삭제를

유발하여 잔존 치질을 약화시키고 치수 손상 등을 유발할 수 있다[1,3,4].

최소침습법 개념에 입각한 비수술적 예방법으로 구강 위생관리 및 적절한 식이 요법에 대한 교육, 불소도포가 있다[5]. 영구 대구치의 교합면 소와열구는 치면열구전색으로 봉쇄하는 것이 효과적인 예방책으로 입증되었고, 접착제로 평활면 우식을 봉쇄하는 것은 병소의 진행을 현저히 감소시키는 것으로 보고되어 있지만, 최근 연구에 따르면 18개월 후에도 여전히 방사선 상 병소의 진행이 비교적 높은 비율(43.5%)로 관찰 되었다[6-8]. 또한

Corresponding author : Jiyeon Kim

Department of Pediatric Dentistry, College of Dentistry, Pusan National University, 49, Busandaehakro, Mulgeum-eup, Yangsan, 50612, Republic of Korea
Tel: +82-55-360-5182 / Fax: +82-55-360-5174 / E-mail: jychaee@pusan.ac.kr

Received December 1, 2017 / Revised January 25, 2018 / Accepted January 25, 2018

※ This work was supported by Clinical Research Grant, Pusan National University Dental Hospital (2017).

이런 방법은 병소가 법랑질 내에 제한된 경우 우식 진행을 억제하는데 효과적이거나, 법랑질-상아질 접합부 가까이에 도달한 경우에는 처치 후에도 우식이 진행되어 결국 수복치료에 이르게 된다[3,4].

우식 병소를 정지시키는데 효과적인 대안책으로 레진침투법이 제안 되었는데 이는 낮은 점도의 광중합성 레진을 병소의 표층하부에 침투 시키는 것이다. 우식 병소의 다공성 법랑질은 산과 용해된 미네랄의 확산 경로 역할을 하므로, 레진을 이 다공성 내부로 침투시키는 것은 확산경로를 차단하고 우식 진행을 억제하게 된다. 레진침투법 적응증의 병소 범위는 비와동성의 법랑질 내 혹은 상아질 바깥 1/3범위까지이다[9]. 레진침투법의 장점은 적용이 쉽고 전통적인 수복과정에서 발생하는 치면과 수복물 사이의 경계를 피할 수 있는 것이다[10]. 임상 연구 결과에 따르면 레진침투법은 영구치열과 유치열 모두에서 우식의 진행을 막을 수 있었고, 초기 우식 병소에 레진침투법을 시행할 경우 병소의 진행이 유치의 경우 1년간 70%, 미성숙 영구치의 경우 3년간 90%까지 감소하였다[11,12].

현재 레진침투법은 레진 침투 전 처리제로 15% hydrochloric acid(HCl)을 2분간 적용한다. 그러나 15% HCl은 30초 이상 연조직과 접촉할 경우 궤양을 유발할 수 있다[13]. 임상 술식 중 치은과 접촉을 피하기 위해 러버댐을 사용하기는 하지만, ECC의 주요 치료대상인 6세 이하의 행동조절이 어려운 어린 아동에게 HCl을 사용하는 것은 연조직 위해성으로 인해 논란이 되고 있다[13]. 한편 자연 우식에서는 15% HCl로 산 부식 후에도 표면층 침식이 불완전하게 나타날 수 있다는 보고가 있는데 HCl로 2분간 산 부식한 치아의 70%에서 표면층의 90%만을 침식하는 것으로 나타났다[14]. 따라서 완전한 표층제거를 위해서는 더 긴 산 적용 시간이 제안되었다[15].

현재 전통적인 레진 수복과정에서 법랑질 표면 탈회에 HCl보다 산도가 낮은 phosphoric acid(H_3PO_4)가 사용되고 있지만, 레진침투법 시행에서 표면에 H_3PO_4 전처리 만으로는 레진을 침투 시키기에 부족하다. 최근의 연구에 따르면 레진 침투 전 H_3PO_4 를 사용하여 법랑질 산 부식할 경우 처리된 표면의 69% 이상은 전혀 침식되지 않았으며, 7%는 얇은 침식만을 나타냈으며 오직 2%만이 이상적으로 침식되어 레진 침투에 알맞은 접착 형태가 표면 전체에 걸쳐 달성되지 않았다[16,17]. 이러한 한계를 극복하기 위해 H_3PO_4 부식 전처리로 공기 마모법, 공기 연마법 및 레이어 연마법 같은 다양한 침습적 및 비침습적 기법이 사용되었지만 좋은 결과는 얻어지지 않았다[9].

Sodium hypochlorite(NaOCl)는 1915년부터 상처 세척제로 사용되었고, 1920년대 초부터는 살균성 및 유기물 제거의 제단백 속성으로 인해 근관 세척제로 사용되어 현재까지 치수치료에서

근관의 관개용액으로써 널리 받아 들여지고 있다[18]. NaOCl이 근관 내 유기물 잔여층을 제거하기 위해 사용되는 것과 같이 법랑질 표면의 유기물도 제거할 수 있으므로, 수복 치료 중 법랑질에 수복물의 접착을 최적화 시키기 위하여 5.25% NaOCl을 사용하기도 한다[19]. 실제로 자연 우식 병소 내 단백질, 탄수화물과 같은 유기 물질의 오염과 다양한 광물 분포가 레진 침투 감소의 원인이 될 수 있다[11,20].

유치의 법랑질 구조는 기본 법랑질 미세구조와 미네랄 구성의 특수성에 의해 영구치에 비해 저광화되고 얇은 층을 가지므로 유치의 법랑질 확산계수가 영구치보다 더 크다[14,21,22]. 그러므로 유치가 영구치에 비해 레진 침투에 유리할 것으로 예상된다.

행동조절이 어려운 6세 이하 아동의 ECC를 치료할 때 레진침투법을 시행하면 침습적인 치료에 비해 술식 시간 및 난이도 측면에서 보다 쉽게 적용할 수 있을 것이다. 또한 유전치의 레진침투법을 시행할 때 연조직 위해성이 있는 HCl 대신 NaOCl을 동반한 H_3PO_4 전처리를 시행할 경우 기존의 술식 시간, 방법과 차이가 크지 않고 충분한 레진침투도를 보인다면, 유전치의 초기 우식을 정지시켜 침습적인 치료에 도달하는 것을 방지하는 안전하고 효과적인 대안책이 될 수 있을 것이다.

따라서 이 연구는 유전치에서 레진 침투법을 시행할 때 전 처리제로써 15% HCl의 대안으로 5.25% NaOCl과 35% H_3PO_4 를 적용하여 NaOCl의 법랑질 제단백 효과를 평가하기 위해 수행되었다.

II. 연구 재료 및 방법

이 연구는 부산대학교 치과병원 임상연구윤리위원회(Institutional Review Board, IRB)의 심의를 통과 후 시행되었다(승인번호 PNUDH-2017-012).

1. 대상치아의 준비

1) 대상치아의 선별

최근 60일 내에 발치된 90개의 유전치로 순면에 활동성의 비와동성 초기 우식 병소(ICDAS code 2)를 가진 치아를 선별하였다[23]. 그 중 입체현미경(Z-CTV, Olympus, Japan)으로 표면을 관찰하여 와동이나 결함이 있는 것은 제외하였다. 치아는 발치된 즉시 조심스럽게 연조직을 제거하여 실험 전까지 0.1% thymol 용액에 담근 후 냉장 보관하였다. 이를 임의로 분류하여 전체 치아 중 15개는 전처리만 시행한 후 표면관찰을 위해 사용하였고, 나머지 75개는 레진침투상 관찰을 위해 사용하였다.

2) 치아 포매

치아는 저속의 다이아몬드 디스크를 사용하여 주수 하에 치근을 제거하였다. 이후 가로, 세로, 높이가 각각 5 mm인 몰드에 병소가 노출 되도록 치근 절단부위를 아래로 향하게 하여 acrylic resin(Orthodontic resin, Dentsply International Inc., York, PA, USA)으로 포매하였다(Fig. 1).

3) 전처리 시행

90개의 치아를 무작위로 5개의 군으로 나누어 치아 순면의 병소에 군 별 다음과 같은 전 처리를 시행하였다. I 군은 대조군으로 15% HCl로 2분간 산 부식, II군은 5.25% NaOCl을 1분간 적용하고 15초간 수세 후 35% H₃PO₄로 1분간 산 부식, III군은 5.25% NaOCl을 2분간 적용하고 15초간 수세 후 35% H₃PO₄로 1분간 산 부식, IV군은 5.25% NaOCl을 1분간 적용하고 15초간 수세 후 35% H₃PO₄로 2분간 산 부식, V군은 5.25% NaOCl을 2분간 적용하고 15초간 수세 후 35% H₃PO₄로 2분간 산 부식 시행하였다.

I 군의 HCl은 15% HCl gel(Icon[®]-etch, DMG, Hamburg, Germany)을 이용하였고 적용 하고 10초간 수세 후 압축공기를 통해 건조시켰다. II - V군은 H₃PO₄ 산 부식 전 멸균된 cotton에 5.25% NaOCl을 적신 후 각 군마다 설정된 적용시간의 절반은 수직방향, 절반은 수평방향으로 표면을 문지르는 방법으로 적용하였다. 이후 10초간 수세 하고 압축공기를 통해 건조시킨 후, 35% H₃PO₄(Ultra-Etch[®], Ultradent, USA)를 각 군마다 설정된 적용시간 별로 적용하고, 이후 10초간 수세 후 건조하였다.

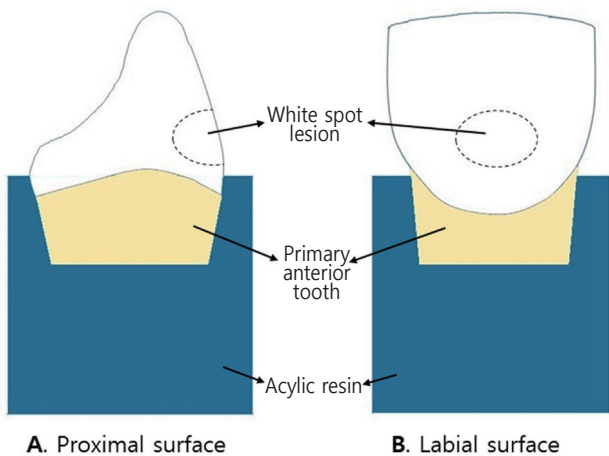


Fig. 1. Tooth specimen embedded in acrylic resin. The tooth specimen was embedded in an acrylic resin mold with the root cutting side facing down so that the lesion was exposed.

2. 전계방사-주사전자 현미경을 통한 법랑질 표면 관찰

1) 시편 준비

- (1) 연마 및 수세 : 배정 된 15개 치아를 무작위로 5개의 군으로 나누었다. Rubber cup을 이용하여 가볍게 표면 세마 후, 증류수가 담긴 ultrasonic bath 1440D에 넣고 10분간 세척하였다.
- (2) 탈수 : 단계별로 알코올의 농도를 높여 25, 50, 75, 95% 알코올에 각각 20분씩, 100% 알코올에 1시간 동안 탈수시켰다.
- (3) 코팅 : 각 시편을 aluminum stubs(dry, vacuum)에 고정 후, metallized gold (SCD 050 sputter coater)로 2분간 코팅하였다.

- 2) 법랑질 표면 관찰 : 전계방사-주사전자현미경(field emission-scanning electron microscope, FE-SEM, SUPRA[™] 40, The Carl Zeiss, Germany)을 이용하여 500배, 1000배, 5000배의 배율에서 10 Kv 하에 법랑질 표면을 관찰하였다.

3. 공초점 레이저 주사현미경을 통한 레진 침투상 관찰

1) 시편 준비

- (1) 1차 염색 : 전처리 된 시편을 압축공기로 건조시키고 99% 에탄올을 30초간 적용하여 병소를 탈수시킨 후 0.1% ethanolic solution of tetramethylrhodamine isothiocyanate (TRITC, Sigma-Aldrich, Steinheim, Germany)로 12시간 염색하였다.
- (2) 레진 침투 : 압축공기로 10초간 건조 후 resin(Icon[®]-Infiltrant, DMG, Hamburg, Germany)을 침투시켰다. 과정은 제조사의 지시대로 2분간 레진을 적용하여 병소 내부로 스며들게 하였다. 표면에 남아있는 잉여 레진을 면구로 닦아내고 40초간 광중합을 시행하였다. 레진을 추가로 1분간 적용하고 잉여 레진 제거한 후 20초간 광중합을 시행하였다.
- (3) 탈색 : 상온에서 30% hydrogen peroxide를 적용시킨 후 12시간 동안 unbound red fluorophore 염색부분을 탈색시켰다.
- (4) 시편 절단 : 60초간 수세 후, 병소 부위를 0.5 mm 두께로 얻기 위해 포매 된 치아를 경조직절편기(Accutom-50, Struers, Copenhagen, Denmark)를 이용하여 순면 정중부에서 치아 장축을 따라 순면에서 구개면으로 절단하였다. 치아의 절단면은 연마기(ET/RotoPol-35, Struers, Copenhagen, Denmark)를 이용하여 연마하였다

(5) 2차 염색 : 레진이 침투되지 않은 부위인 다공성 구조를 표지하기 위해 50% ethanol solution 용매의 100 mM sodium fluorescein(NaFl, Sigma-Aldrich, Steinheim, Germany)에 3분간 저장 후, 10초간 수세하였다.

2) 레진 침투상 관찰

(1) 공초점 레이저 주사현미경(confocal laser scanning microscope, CLSM) 관찰 : CLSM(LSM 700 Laser Scanning Microscope, The Carl Zeiss, Germany) 을 이용하여 100배의 배율에서 병소 및 레진 침투상을 관찰하였다. 이중형광법을 사용하여 TRITC 및 NaFl 형광을 동시에 검출하였다(TRITC : Ex 568 nm, Em 590 nm, NaFl : Ex 488 nm, Em 525 nm). 레진이 침투 된 구조는 적색(TRITC)으로 나타나고 레진이 침투되지 않은 다공성의 법랑질과 상아질 구조는 녹색(NaFl)으로 나타난다.

(2) 깊이 측정 : 병소 깊이와 레진 침투 깊이는 Image J program (Image J, NIH, Bethesda, MD, USA)으로 측정하였다.

- ① Lesion depths(LD_{max}) : 병소의 깊이로, 법랑질 표면으로부터 녹색 형광의 가장 깊은 지점까지의 거리를 측정하였다.
- ② Maximum penetration depth(PD_{max}) : 레진이 병소 내 가장 깊이 침투된 지점으로, 법랑질 표면으로부터 적색 형광의 가장 깊은 지점까지의 거리를 측정하였다.
- ③ Percentage penetration(PP) : 병소 깊이에 따른 레진의 최대 침투 깊이의 비율로 계산되었다.

Percentage penetration(PP) :

$$\frac{\text{Maximum penetration depth (PD}_{\text{max}})}{\text{Lesion depth (LD}_{\text{max}})} \times 100$$

4. 통계처리

각 군의 병소 깊이에 따른 레진 침투 깊이의 평균과 표준편차를 산출하였다. 레진 침투 깊이에 있어서 병소 깊이의 영향을 최소화하기 위해, LD_{max}를 150 μm 이상과 미만의 2개 하위 군으로 나누어 분석하였다[24]. 그룹간 차이를 확인하기 위해 데이터에 대한 Kruskal-Wallis test를 수행하였다. Post-hoc test에서 pairwise 비교를 위해 Mann-Whitney's U test를 수행했다. 전반적인 유의수준 5%를 유지하기 위해 Bonferroni 수정 p값을 사용하여 유의성 테스트를 수정했다. Shapiro-Wilk 테스트는 정상적인 가정을 검증하기 위해 수행되었다. 모든 통계 분석은 SPSS 24.0을 사용하여 수행되었다.

III. 연구 성적

1. 전처리 후 법랑질 표면 관찰

FE-SEM에서 NaOCl 및 H₃PO₄의 적용 시간이 증가함에 따라 법랑질 산 부식 I, II형 비율이 증가하여 레진 침투를 위한 적절한 표면 구조를 나타내었다(Fig. 2).

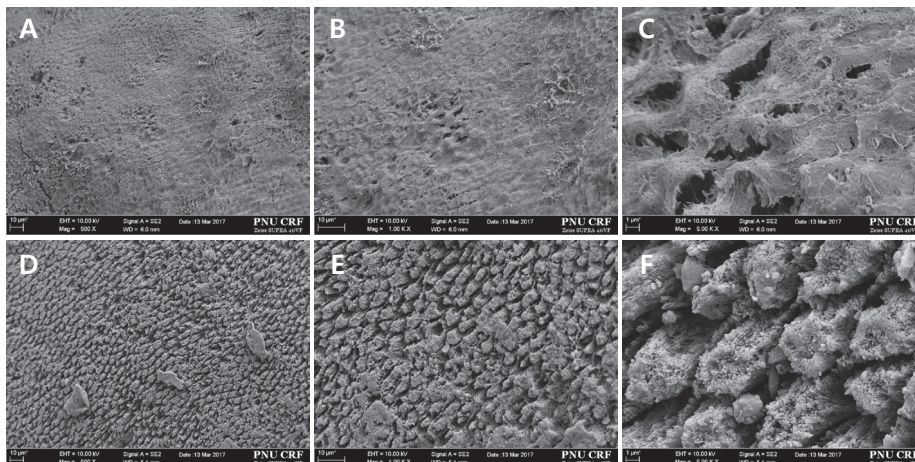


Fig. 2. Field Emission-Scanning Electron Microscope images.

Group II. (A : 500×, B : 1000×, C : 5000×), Group V. (D : 500×, E : 1000×, F : 5000×)

Group II is rubbed by 5.25% NaOCl for 1 min. before etched with 35% H₃PO₄ for 1 min. Type III enamel etching pattern was observed, which shows indiscriminate erosion (SEM ×5,000).

Group V is rubbed by 5.25% NaOCl for 2 min. before etched with 35% H₃PO₄ for 2min. Type II enamel etching pattern is predominant. The periphery of enamel prisms was dissolved and the core of enamel prisms was intact (SEM ×5,000).

2. 레진 침투상 관찰

Dual fluorescence image를 이용하여 레진의 침투와 남은 다공성 구조들을 분석하였다. I, IV, V군에서는 완전히 침투된 것처럼 보였으나, II, III군의 병소에서는 얇고 불균일한 침투가 관찰되었다(Fig. 3).

PD_{max}는 II군에서 평균적으로 가장 낮은 값이 나타났지만 모든 군에서 유의한 차이는 없었다(Table 1).

전체 병소에서 PP는 V군이 II군과 III군에 비해 유의 할 만큼 높게 나타났다($p < 0.05$). 전체 병소에서 V군에서의 PP는 대조군인 I군에서의 PP와 통계학적으로 유의할 만한 차이가 없었고, IV군과 V군에서의 PP도 역시 통계학적으로 유의할 만한 차이가 없었다(Table 1). LD_{max}를 150 μ m 이상과 150 μ m 미만으로 나눈 하위그룹에서의 PP는 각 군별 통계적으로 유의한 차이가 없었다.

IV. 총괄 및 고찰

NaOCl의 기능은 다양하다. 먼저 유기 조직을 용해시키고 항균 효과가 있으며 저농도에서는 건강한 조직이나 치아 구조를 손상시키지 않아서 현재 근관 치료에 가장 일반적으로 사용되는 관개 용액으로 감염 및 과사 근관의 세척에 사용된다[18,25].

또한 NaOCl은 법랑질에 적용 할 경우, 법랑질 산 부식 유형 중 I, II형의 비율을 증가시키고 법랑질 표면과 접착제 및 복합레진 복합체 사이에서 결합 강도를 효과적으로 향상시킨다 [26]. 4개의 법랑질 산 부식 유형이 1975년 Silverstone 등[19]에 의해 기술되었는데, 이는 core prism의 주된 침식이 있는 I형, peripheral prism의 주된 침식이 있는 II형, prism 구조가 분명하지 않고 무차별 침식이 보이는 III형과 I형과 II형 산 부식 유형 사이의 IV형으로 나뉜다. 그들은 I형과 II형이 법랑질과 접착제와의 결합에 이상적인 형태라고 발표하였다. Espinosa 등

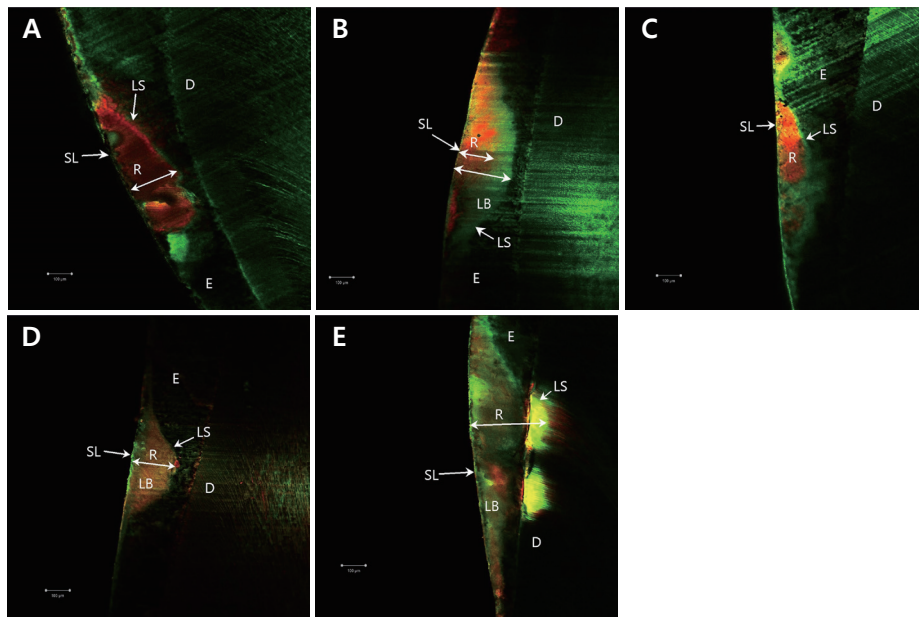


Fig. 3. Dual fluorescence images.

These images display infiltrated areas in red and porous area (not infiltrated parts of lesion body) in green. Sound enamel shows no fluorescence and is displayed in black. (E, sound enamel; D, dentin; SL, surface layer; LB, lesion body; R, penetrated resin; LS, lesion surface)

A : Group I, etched by 15% HCl for 2 min.,

B : Group II, rubbed by 5.25% NaOCl for 1 min. before etched with 35% H₃PO₄ for 1 min.,

C : Group III, rubbed by 5.25% NaOCl for 2 min. before etched with 35% H₃PO₄ for 1 min.,

D : Group IV, rubbed by 5.25% NaOCl for 1 min. before etched with 35% H₃PO₄ for 2 min.,

E : Group V, rubbed by 5.25% NaOCl for 2 min. before etched with 35% H₃PO₄ for 2 min.

Deep resin penetration was observed after etching with HCl (A). In group I, IV, and V, it was completely penetrated, but in group II and III, shallow and uneven penetration was observed.

Table 1. Comparison of maximum penetration depth of PD_{max} and percentage penetration of PP across 5 groups

Group	All Lesions				Lesions with PD _{max} < 150 μm				Lesions with PD _{max} ≥ 150 μm						
	N	PD _{max}	PP		N	PD _{max}	PP		N	PD _{max}	PP				
I	15	224 ^a	(131;277)	93 ^a	(91;95)	7	127	(119;136)	92 ^a	(87;95)	8	308	(198;442)	93 ^a	(91;96)
II	15	97 ^b	(75;122)	63 ^d	(55;76)	15	97	(75;122)	63 ^b	(55;76)	0	-	-	-	-
III	15	131 ^{ab}	(87;199)	76 ^{cd}	(69;84)	11	103	(77;127)	76 ^{ab}	(66;89)	4	207	(201;215)	75 ^b	(72;81)
IV	15	211 ^a	(108;358)	84 ^{bc}	(81;88)	8	111	(98;131)	82 ^a	(78;87)	7	326	(222;383)	86 ^{ab}	(83;90)
V	15	153 ^{ab}	(103;178)	88 ^{ab}	(85;93)	8	101	(85;130)	90 ^a	(86;93)	7	212	(156;306)	87 ^{ab}	(84;93)
	<i>P</i> *	0.001		0.000		0.114		0.000		0.078		0.006			

P values were derived from Kruskal-Wallis test.

PD_{max} = Maximum penetration depth, PP = Percentage penetration, N = sample size per group.

Values are median (25th percentile;75th percentile). Significances for maximum penetration depths of all lesions (PD_{max}) as well as lesions with maximum penetration depths < 150 μm and maximum penetration depths > 150 μm are depicted with different superscript letters. In group II, there was no sample with PD_{max} ≥ 150 μm. Different superscript letters highlight significances of the maximum penetration depth and percentage penetration (Mann-Whitney test) between groups. Bonferroni-corrected *p* values were used to correct significance tests.

[25,27]은 법랑질 표면에서 H₃PO₄ 산 부식 전에 5.25% NaOCl을 적용하여 유기물을 제거하면 법랑질의 표면 유지력이 48.8%에서 94.47%로 두 배 가까이 증가되고 I, II형의 법랑질 산 부식 유형이 유의하게 증가했다고 보고했다. Justus 등[28]은 산 부식 전에 5.25% NaOCl로 법랑질 제단백화를 실시한 결과 브라켓을 접착할 때의 Fuji Ortho LC (GC America, Inc., Alsip, IL)와 Transbond XT (3M Unitek Orthodontic Products, Monrovia, CA)에 대해서도 접합 강도가 유의하게 증가한다는 연구결과를 내었다. 이 연구에서도 FE-SEM 결과에 따르면 법랑질에 NaOCl의 적용 시간이 증가할수록 법랑질 산 부식 유형 I, II형이 증가함을 확인할 수 있었다.

병소 내 레진의 침투 깊이는 병소 진행을 막는 능력과 강한 상관 관계가 있다[9]. 자연 우식에서는 인공 우식 병소와 비교하였을 때 법랑질 표면의 획득피막 내 탄수화물, 지질 및 단백질과 같은 유기 물질이 병소의 다공성 구조를 가리게 되어 레진 침투가 불완전하게 나타났으며[11,20], 재광화 및 표면 투과성 또한 낮은 것으로 보고 되었다[11]. NaOCl은 제단백 제재로 법랑질 표면의 획득피막 내 유기물을 제거하여 레진 침투에 유리한 환경을 제공한다. 이 연구에서도 법랑질에 NaOCl 적용 후 레진의 표면침투도가 증가함을 보였다. II, III군과 IV, V군의 PP를 각각 비교해 보면 NaOCl의 적용시간이 증가할수록 레진의 표면침투도가 증가함을 확인할 수 있었다.

ECC 치료대상인 6세 이하 어린이는 치료 협조도가 부족한 경향이 있으므로 술식시간이 짧을수록 행동조절 측면에서 유리할 수 있다. 이 연구에서의 결과를 임상에서 적용한다면 대조군인

I군과 견줄만한 높은 레진침투도를 나타낸 IV, V군에서 PP가 서로 통계학적으로 유의할 만한 차이가 없었으므로 유전치에서 레진침투법을 시행할 때 술식 시간 측면에서 유리한 IV군에서의 5.25% NaOCl 1분, 35% H₃PO₄ 산 부식 2분을 적용하는 것을 15% HCl 산부식 대안책으로 고려할 수 있을 것이다.

그러나 NaOCl은 알칼리성 액체로, 체내에서 활성산소를 만들어 내고 지질 과산화를 일으켜 조직의 단백을 분해 시키는 등 조직을 손상시킬 수 있는 위험이 있다[29]. NaOCl이 연조직, 골 등과 접촉 후 나타나는 대표적인 징후로 알레르기, 조직 괴사, 통증, 인접 조직의 부종, 점막 내 출혈, 감각이상 등이 나타날 수 있다[30]. NaOCl이 조직을 손상시키는 정도는 약물의 pH, 농도, 양 그리고 접촉시간 등에 영향을 받는다고 알려져 있으며 특히 그 농도가 적어도 10% 이상, pH가 12.5 이상일 때 독성이 커지게 된다[31]. 일반적으로 시중에 사용되고 있는 NaOCl 소독제는 대부분 5 - 10%이고 pH가 11.0 - 12.0 정도여서 부식성 손상 등의 치명적인 합병증의 발생은 드물었다[32]. NaOCl은 농도가 증가할수록 항균 및 조직 용해작용이 증가하지만 독성도 함께 증가한다[33]. 따라서 소아환자의 치료에서 NaOCl 사용할 때는 부작용을 방지하기 위해 임상가의 더욱 각별한 주의가 필요하다. 이번 연구에서 NaOCl 5.25%를 사용한 것은 법랑질 표면처리에 있어 표면 결합강도, 유지력, 레진의 표면침투도 등에서 효과적인 농도임이 확인되었기 때문이다[25,27]. 추가적으로 낮은 농도에서 NaOCl의 전처리 효과를 확인하여 NaOCl의 부작용의 위험을 낮출 수 있는 연구가 필요할 것이다. 또한 NaOCl 제재도 젤 형태로 제작할 경우 흐름성을 감소시켜 조직 용해성의 위험을 감

소시킬 수 있을 것으로 판단되어 실제 임상에 적용할 때 보완이 필요할 것으로 보인다.

또한, 5.25% NaOCl 전처리를 통해 레진의 표면 침투도가 증가했음을 확인하였으나 HCl의 대안법으로 사용하기 위해서는 레진 침투 후 표면 강도, 우식 저항성 등의 추가적인 연구가 필요할 것이다.

비록 이번 연구의 의도는 유전치의 초기우식 병소에 대한 적극적인 개입으로 추후 치수치료 등의 침습적인 치료에 도달하는 상황을 방지하고자 할 때 술식시간 및 행동조절 측면에서 적용하기 쉽고 효과적인 방법을 모색하기 위한 시도였으나, 실제 임상에서 이 연구의 레진침투법을 시행할 때 행동조절이 어려운 어린이에게 러버댐 장착 및 NaOCl과 H₃PO₄의 적용이 종래의 비침습적 예방법인 불소도포, 치면세마에 비해 어려울 것으로 보인다. 환아 개개인의 우식 진행정도, 치열, 생활습관, 치아우식 활성도, 협조도 등을 고려하여 적절한 치료법의 선택이 필요할 것이다.

이번 연구의 제한점으로는 비활동성 병소의 존재이다. 비활동성 병소의 표층은 활동성 병소에 비해 두껍고 더 광화되어 산 부식에 저항성을 나타낸다[34,35]. 대상치아를 선별할 때 유전치에서의 비활동성 자연 우식 치아를 대상으로 하여 활동성 병소의 치아를 선택하였지만, 각 군내 일부 침투 깊이 결과의 차이를 보면 다소 비활동성 병소가 포함되었을 수 있다. 앞으로 자연 우식 치아의 활동성 병소와 비활동성 병소에서의 레진침투법 시행 후 레진 침투도 차이에 관한 추가적인 연구가 필요할 것이다.

V. 결 론

레진침투법은 유전치 초기 우식 병소의 치료로 사용될 수 있다. 법랑질을 NaOCl로 제단백화 할 경우 레진 침투도가 증가되므로, 유전치에 레진침투법을 시행할 때 전 처리제로 15% HCl 산 부식 대신 5.25% NaOCl의 법랑질 제단백 후 35% H₃PO₄ 산 부식이 사용될 수 있다. 행동조절이 어려운 소아 환자에서 이러한 대안 법은 임상적으로 유리할 수 있다.

산 부식 전 법랑질 제단백화의 역할과 결합 강도에 미치는 영향을 증명하기 위해서는 더 많은 연구가 필요하다.

References

1. Drury TF, Horowitz AM, Selwitz RH, et al. : Diagnosing and reporting early childhood caries for research purposes: a report of a workshop sponsored by the National Institute of Dental and Craniofacial Research, the Health Resources

- and Services Administration, and the Health Care Financing Administration. *J Public Health Dent*, 59:192-197, 1999.
2. Colak H, Dülgergil CT, Dalli M, Hamidi MM : Early childhood caries update: A review of causes, diagnoses, and treatments. *J Nat Sci Biol Med*, 4:29-38, 2013.
3. Kidd EA, Fejerskov O : What constitutes dental caries? Histopathology of carious enamel and dentin related to the action of cariogenic biofilms. *J Dent Res*, 83:C35-C38, 2004.
4. Lillehagen M, Grindefjord M, Mejåre I : Detection of approximal caries by clinical and radiographic examination in 9-year-old Swedish children. *Caries Res*, 41:177-185, 2007.
5. Ericson D, Kidd E, Noack MJ, et al. : Minimally invasive dentistry-concepts and techniques in cariology. *Oral Health Prev Dent*, 1:59-72, 2003.
6. Mejåre I, Lingström P, Dahlgren H, et al. : Caries-preventive effect of fissure sealants: a systematic review. *Acta Odontol Scand*, 61:321-330, 2003.
7. Ahovuo-Saloranta A, Hiiri A, Worthington HV, et al. : Pit and fissure sealants for preventing dental decay in the permanent teeth of children and adolescents. *Cochrane Database Syst Rev*, 4:CD001830, 2008.
8. Martignon S, Ekstrand KR, Ellwood R : Efficacy of sealing proximal early active lesions: an 18-month clinical study evaluated by conventional and subtraction radiography. *Caries Res*, 40:382-388, 2006.
9. Meyer-Lueckel H, Paris S : Improved resin infiltration of natural caries lesions. *J Dent Res*, 87:1112-1116, 2008.
10. Phark JH, Duarte S Jr, Meyer-Lueckel H, Paris S : Caries infiltration with resins: a novel treatment option for interproximal caries. *Compend Contin Educ Dent*, 30:13-17, 2009.
11. Barbosa de Sousa F, Dias Soares J, Sampaio Vianna S : Natural enamel caries: a comparative histological study on biochemical volumes. *Caries Res*, 47:183-192, 2013.
12. Skaleric U, Ravnik C, Cevc P, Schara M : Microcrystal Arrangement in Human Deciduous Dental Enamel Studied by Electron Paramagnetic Resonance. *Caries Res*, 16:47-50, 1982.
13. Croll TP, Killian CM, Miller AS : Effect of enamel microabrasion compound on human gingiva: report of a case. *Quintessence Int*, 21:959-963, 1990.
14. Meyer-Lueckel H, Paris S, Kielbassa AM : Surface layer erosion of natural caries lesions with phosphoric and hydrochloric acid gels in preparation for resin infiltration. *Caries Res*, 41:223-230, 2007.
15. Paris S, Meyer-Lueckel H, Cölfen H, Kielbassa AM : Resin

- infiltration of artificial enamel caries lesions with experimental light curing resins. *Dent Mater J*, 26:582-588, 2007.
16. Hobson RS, Crotty T, Thomason JM, Jepson NJ : A quantitative study of enamel acid etch patterns on surfaces used for retention of resin-bonded fixed prostheses. *Eur J Prosthodont Restor Dent*, 13:123-128, 2005.
 17. Hobson RS, Rugg-Gunn AJ, Booth TA : Acid-etch patterns on the buccal surface of human permanent teeth. *Arch Oral Biol*, 47:407-412, 2002.
 18. Fedorowicz Z, Nasser M, Heft M, *et al.* : Irrigants for non-surgical root canal treatment in mature permanent teeth. *Cochrane Database Syst Rev*, 9:CD008948, 2012.
 19. Silverstone LM, Saxton CA, Dogon IL, Fejerskov O : Variation in the pattern of acid etching of human dental enamel examined by scanning electron microscopy. *Caries Res*, 9:373-387, 1975.
 20. Robinson C, Hallsworth AS, Shore RC, Kirkham J : Effect of surface zone deproteinisation on the access of mineral ions into subsurface carious lesions of human enamel. *Caries Res*, 24:226-230, 1990.
 21. Ripa LW, Gwinnett AJ, Buonocore MG : The "prismless" outer layer of deciduous and permanent enamel. *Arch Oral Biol*, 11:41-48, 1966.
 22. Mortimer KV : The relationship of deciduous enamel structure to dental disease. *Caries Res*, 4:206-223, 1970.
 23. Pitts N : "ICDAS"-an international system for caries detection and assessment being developed to facilitate caries epidemiology, research and appropriate clinical management. *Community Dent Health*, 21:193-198, 2004.
 24. Paris S, Soviero VM, Seddig S, Meyer-Lueckel H : Penetration depths of an infiltrant into proximal caries lesions in primary molars after different application times in vitro. *Int J Paediatr Dent*, 22:349-355, 2012.
 25. Espinosa R, Valencia R, Saadia M : Enamel deproteinization and its effect on acid etching: an in vitro study. *J Clin Pediatr Dent*, 33:13-19, 2008.
 26. Ulrich I, Mueller J, Kielbassa AM, *et al.* : Tridimensional surface roughness analysis after resin infiltration of (deproteinized) natural subsurface carious lesions. *Clin Oral Investig*, 19:1473-1483, 2015.
 27. Espinosa R, Valencia R, Saadia M, *et al.* : Resin replica in enamel deproteinization and its effect on acid etching. *J Clin Pediatr Dent*, 35:47-51, 2010.
 28. Justus R, Cubero T, Ondarza R, Morales F : A new technique with sodium hypochlorite to increase bracket shear bond strength of fluoride-releasing resin-modified glass ionomer cements: comparing shear bond strength of two adhesive systems with enamel surface deproteinization before etching. *Seminars in Orthodontics*, 16:66-75, 2010.
 29. Osman M, Granger DN : Pathophysiology of caustic ingestion, Yearbook of Intensive Care and Emergency Medicine. Springer, 171-178, 2008.
 30. Hülsmann M, Hahn W : Complications during root canal irrigation-literature review and case reports. *Int Endod J*, 33:186-193, 2000.
 31. Bae SC, Moon SJ, Ha SK, *et al.* : A Case of Severe Metabolic Acidosis Associated with Sodium Hypochlorite (Bleach) Poisoning Treated by Hemodialysis. *Korean J Med*, 80:600-604, 2011.
 32. Howell JM : Alkaline ingestions. *Ann Emerg Med*, 15:820-825, 1986.
 33. Spencer HR, Ike V, Brennan PA : Review: the use of sodium hypochlorite in endodontics-potential complications and their management. *Br Dent J*, 202:555-559, 2007.
 34. Kim S, Kim EY, Jeong TS, Kim JW : The evaluation of resin infiltration for masking labial enamel white spot lesions. *Int J Paediatr Dent*, 21:241-248, 2011.
 35. Neuhaus KW, Graf M, Lussi A, Katsaros C, *et al.* : Late infiltration of post-orthodontic white spot lesions. *J Orofac Orthop*, 71:442-447, 2010.

국문초록

유아기우식증 치료를 위한 레진침투법에서 제단백제재의 사용

남시연 대학원생 · 신종현 대학원생 · 정태성 교수 · 김신 교수 · 김지연 교수

부산대학교 치과대학 소아치과학교실

이 연구는 유전치 비와동성 우식 병소에 레진침투법을 시행할 때 sodium hypochlorite(NaOCl) 제단백 후 phosphoric acid(H₃PO₄) 산부식 처리에 따른 법랑질 표면구조 및 레진 침투깊이 변화를 알아보았다.

90개의 발치된 비와동성 병소의 유전치를 전처리에 따라 5개 군으로 나누었다 : I 군 hydrochloric acid(HCl) 2분; II군 NaOCl 1분, H₃PO₄ 1분; III군 NaOCl 2분, H₃PO₄ 1분; IV군 NaOCl 1분, H₃PO₄ 2분; V군 NaOCl 2분, H₃PO₄ 2분. 그 중 15개는 전계방사주사전자현미경을 통해 표면을 관찰하였고, 75개는 레진침투 후 공초점레이저주사현미경을 통해 병소 깊이와 레진 침투깊이를 측정하여 레진 침투도를 도출했다.

NaOCl 적용 시간이 길어질수록 법랑질 산부식 I, II형 비율이 증가하였다. 레진 침투도는 V군이 II, III군에 비해 통계학적으로 유의하게 높았고($p < 0.05$), IV, V군은 유의할 만한 차이가 없었다.

레진침투법은 유전치 초기 우식 병소의 치료로 사용될 수 있으며, 전처리 제로 15% HCl 산부식 대신 5.25% NaOCl 제단백 후 35% H₃PO₄ 산부식이 대안으로 고려될 수 있다.